



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la
adsorción de hierro del agua del río Moche, 2017”

AUTORA:

Kimberly Alexandra Soto Parrera

ASESOR:

Misael Ydilbrando Villacorta González

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Título de tesis

Efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche, 2017

Kimberly Alexandra Soto Parrera
Autora

Presentada a la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo,
para su aprobación.

Dr. Alberto Quezada Álvarez
Presidente

Dr. José Félix Rivero Méndez
Secretario

Ms. Misael Villacorta González
Vocal

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto de investigación está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora.

A mis hermanos que son la gran motivación que tengo para seguir luchando por lo que quiero, quienes me dan fuerza cada vez que flaqueo y poder ser mejor día a día para darles un buen

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, la fuerza y la oportunidad de realizar este proyecto.

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron en mis habilidades.

A mis hermanos, por siempre haberme dado su fuerza incondicional que han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Agradezco también a mi mejor amigo Miguel Rojas Monar, por la motivación y el apoyo para poder lograr nuestras metas.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Kimberly Alexandra Soto Parrera con DNI: 72699873, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Tesis, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 12 de diciembre del 2017.

Soto Parrera Kimberly Alexandra

DNI: 72699873

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “Efecto de la *theobroma cacao* en la adsorción del hierro del agua del río Moche, 2017” con la finalidad de determinar el efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción del hierro variando el tiempo y la granulometría, del agua del río Moche. El primer capítulo de esta investigación es la introducción en la cual se encuentra la realidad problemática, trabajos previos referidos a la problemática, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación, hipótesis, y los objetivos de la investigación. El segundo capítulo se titula metodología en el que se describe el diseño de investigación, las variables dependiente e independiente, la población y muestra, las técnicas de instrumentos de recolección de datos y su validez, los métodos de análisis de datos.

En el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación, en el cuarto capítulo se mencionan las discusiones respectivas, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones luego de obtener los resultados, en el sexto capítulo se presentan las recomendaciones. Y por último en el séptimo capítulo se da a conocer las referencias bibliográficas y anexos.

La autora.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad Problemática	10
1.2. Trabajos Previos.....	11
1.3. Teorías relacionadas al tema	16
1.3.1. Marco Conceptual:	16
1.3.1.1. Carbón activado.....	16
1.3.1.2. Carbón activado Granular.....	16
1.3.1.3. Carbón activado en Polvo.....	16
1.3.1.4. Adsorción.....	16
1.3.1.5. Cacao en el Perú	17
1.3.1.6. Hierro.....	17
1.3.1.7. Espectrofotometría	17
1.3.2. Marco Teórico:	18
1.3.2.1. Estructura y propiedades del carbón activado.....	18
1.3.2.2. Elaboración del carbón activado.....	19
1.3.2.3. Procesos de activación del carbón	19
1.3.2.4. Propiedades de la cáscara de cacao.....	20
1.3.2.5. Propiedades químicas del hierro:	20
1.3.2.6. Efectos del hierro sobre la salud:.....	21
1.3.2.7. Efectos ambientales del hierro:.....	21
1.4. Formulación del problema	21
1.5. Justificación del estudio.....	21
1.6. Hipótesis.....	22
1.7. Objetivos	22
1.7.1. Objetivo General	22
1.7.2. Objetivos Específicos	22
II. MÉTODO.....	23
2.1. Diseño de investigación.....	23
2.2. Variables y operacionalización	24
2.2.1. Variables Independientes:.....	24
2.2.2. Variable Dependiente:.....	24
2.2.3. Operacionalización de variables:	26
2.3. Población y muestra	28

2.3.1. Población	28
2.3.2. Muestra	28
2.3.3. Unidad de análisis	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	28
2.4.1. Técnicas e instrumentos de laboratorio a utilizar	28
2.4.2. Validación de métodos y equipos.....	29
2.4.3. Calibración de equipos.....	29
2.5. Métodos de análisis de datos	30
2.6. Aspectos éticos	30
III. RESULTADOS.	30
IV. DISCUSIONES.....	35
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	41

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro de la muestra tomada del agua del río Moche, según las variables a cuatro diferentes tamaños de granulometría del carbón (20, 50, 70 y 100 mesh) y cuatro diferente tiempos de residencia (30, 60, 90 y 120 minutos). Con la prueba inicial en la muestra de agua del río Moche se obtuvo 2.66 ppm de concentración de hierro. Luego se tomó 1 gr de cada tamaño de carbón activado y cada una se agitó en 100 ml de muestra de agua por cada tiempo determinado.

Después de haber realizado los análisis el mejor resultado fue de 0.11 ppm de concentración de hierro en al agua del río Moche, el carbón activado de la *theobroma cacao* si tuvo efecto en la adsorción de hierro, pues el mayor porcentaje para la adsorción de hierro mediante el tiempo fue de 90.1 con 120 minutos y mediante el tamaño de carbón activado el mayor porcentaje fue de 69.51 con una granulometría de 100 mesh.

PALABRAS CLAVES: carbón activado, *theobroma cacao*, concentración de hierro, agua del río moche, adsorción, tiempo de residencia, tamaño de granulo.

ABSTRACT

This investigation was carried out with the objective of determining the effect of theobroma cacao on the adsorption of iron from the sample taken from the water of the Moche river, according to the variables at four different sizes of granulometry of the coal (20, 50, 70 and 100 mesh) and four different residence times (30, 60, 90 and 120 minutes). With the initial test in the water sample of the Moche River, 2.66 ppm of iron concentration was obtained. Then, 1 g of each size of activated charcoal was taken and each was stirred in 100 ml of water sample for each determined time.

After having performed the analysis, the best result was 0.11 ppm of iron concentration in the water of the Moche river, the activated carbon of theobroma cacao if it had an effect on the adsorption of iron, since the highest percentage for the adsorption of iron by the time was 90.1 with 120 minutes and by the size of activated carbon the highest percentage was 69.51 with a granulometry of 100 mesh.

KEYWORDS: activated carbon, theobroma cacao, iron concentration, moche river water, adsorption, residence time, granule size.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Uno de los recursos esenciales para la vida y el más importante es el agua, pero debido a la irresponsabilidad de las personas y a la ausencia de regulaciones gubernamentales que controlan la emisión de los efluentes industriales y domésticos, las fuentes de agua se están contaminando cada día más con metales tóxicos y sustancias orgánicas, que terminan afectando al ecosistema y a la salud de las personas que viven en las riberas de los cursos de aguas contaminadas. (Obregón, et al, 2014).

Existe una gran cantidad de metales, entre ellos, calcio, magnesio, hierro o manganeso, que se encuentran presentes en las aguas residuales de las empresas mineras, fábricas de cemento, bombes de gasolina, etc. Y la presencia excesiva de cualquiera de estos metales interfiere en los distintos usos del agua, debido a su toxicidad. (Simón Ernesto, 2008).

En los últimos años debido a que aumentan los proyectos mineros en el Perú, se genera contaminación en las aguas de escorrentía, en consecuencia se contaminan los ríos, lagunas, lagos y los mares que son los receptores finales de las evacuaciones residuales provocados por la industria y el ser humano. (Real Instituto de Tecnología de Suecia, 1973; Southern Perú Cooper Corporation, 1986).

Los metales pesados como el plomo, cobre, hierro, cromo, zinc, cadmio, arsénico y reactivos químicos que se utilizan en las plantas de tratamiento de minerales, no se degradan en corto tiempo, ni biológicamente, ni químicamente en el ambiente, estos son considerados tóxicos para la mayoría de organismos. (Chiang, 1989).

El fruto del cacao es importante para la obtención de distintos productos, pero para la elaboración de dichos productos solo se utiliza la semilla. Siendo un 90% total del fruto utilizado y un 10% de desechos en cascarillas por fruto. Estos desechos ocasionan problemas ambientales, como el deterioro del paisaje y la aparición de olores fétidos. Además estos desechos generados por la cáscara de cacao permiten la proliferación de insectos que son vectores de enfermedades. (Cortez y Limpio, 2013)

La cuenca del río Moche políticamente se localiza en la Región La Libertad, comprendiendo total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán. Geográficamente sus puntos externos están comprendidos entre los 7°46' y 8°15' de Latitud Sur y los 78°16' y 79°08' de Longitud Oeste. El área de estudio se ubica desde la laguna La Toma, asiento minero Quiruvilca (3900 m.s.n.m.), siguiendo el curso del río Moche por el puente Panamericana (34 m.s.n.m.), hasta antes de su desembocadura en el Océano Pacífico. (Moreno, 2012).

En la región la Libertad, el río Moche es uno de los ríos más importantes, y desde hace varios años es considerado como un río muerto, debido a la gran contaminación de sus aguas a consecuencia de los relaves mineros que se arrojan en él. (RPP, 2012).

Los conocimientos previos del estudio, indican que las aguas del río Moche siguen contaminadas debido a los efluentes mineros, indicando la presencia de metales, lo cuales no deberían ser utilizados para el riego de vegetales, bebida de animales o cualquier otra actividad económica pues contamina el suelo y los cuerpos de agua generando daños a la salud del ser humano.

Por este motivo se pretende determinar el efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche del sector puente Panamericana 2017, y así cuente con un porcentaje menor de dicho metal y pueda ser utilizada para las actividades económicas, en el beneficio de las personas y del medio ambiente.

1.2. Trabajos Previos

CASTRO, FLORES Y MARTÍNEZ (2009); En este proyecto se elaboró carbón activado a partir de la cáscara de naranja. El proceso en el laboratorio empezó con la pre incineración de las cascara donde por cada 100 gr de cada cáscara se obtuvo 50.8 gr para dar paso a la activación física que se llevó a cabo en una mufla a 600 °C. Para la activación química se aplicó ácido fosfórico a una temperatura de 100°C en proporción y tiempo variado. Luego, para retirar el ácido fosfórico se enjuagó con agua destilada y se realizó una filtración al vacío.

Para ver el rendimiento del carbón activado se aplicó una disolución de colorante vegetal azul en agua. Midiendo la absorbancia con el espectrofotómetro.

CORTEZ Y LIMPIO (2013); elaboraron el diseño de una planta para la producción de filtros de carbón activado a partir de la cáscara de la *theobroma cacao*. En este proyecto se elaboraron pruebas experimentales que comprobaron la obtención de carbón activo mediante la activación química, a partir de la cáscara de la *theobroma cacao*, de esta manera se determinaron las maquinarias necesarias y los requerimientos de espacio para el funcionamiento de la planta. También se generaron planes de distribución alternativos para escoger el mejor de ellos. Las dimensiones y capacidad técnica de la misma se calcularon a partir de datos de producción de cáscara de la *theobroma cacao* de la empresa Cacao Real, C.A, determinándose los tipos de filtros a fabricar. Y por último se ejecutó una evaluación económica para definir la posibilidad del proyecto.

FIGUEROA Y FLÓREZ (2010); evaluaron la técnica de recuperación de oro en la mina La Providencia (Vetas, Santander) mediante el carbón activado, se ejecutaron pruebas de Carbón Activado en Columna (CIC) para recuperar el oro disuelto en soluciones por lixiviación. Se estudió la influencia de variables de la concentración de oro inicial, hallándose valores de recuperación de un 80% de oro, lo cual no se debería desaprovechar. Los resultados obtenidos se graficaron en curvas de Tiempo vs. % de adsorción en donde el mejor tiempo fue de 120min con una cantidad de oro de 0,6ppm adsorbidos.

Tabla 1: Resultados de la prueba preliminar de adsorción empleando adsorción de oro sobre carbón activado.

Muestra / tiempo (min)	Au (ppm)	% Adsorción de Au
15	0,3	89,3
30	0,3	89,2
60	0,3	88,8
90	0,4	86,1
120	0,6	78,8

Fuente: Figueroa y Flórez (2010)

MENDOZA (2012); estudió la capacidad de remoción de Pb^{2+} en soluciones mediante carbón activado granular de dos marcas comerciales (Merck y Norit), modificando la concentración de las soluciones de Pb^{2+} , la dosis de carbón activado granular y el potencial de hidrógeno (pH) de las soluciones. A 2 gr de cada adsorbente (carbón activado Norit y Merck), se le agregó 50 ml de la solución de Pb^{2+} con una concentración de 100 ppm, y un pH de 2, en un Erlenmeyer de 125 ml y fue llevado a un agitador horizontal a una frecuencia de 120 rpm, durante 6 h. El mismo procedimiento se repite cambiando solo los tiempos de contacto a 8, 12, 16, 20 y 24h. Las isothermas experimentales se ajustaron a los modelos de isothermas conocidos de Langmuir y Freundlich, mostrando coeficientes de correlación de 0.997 gr. con pH de 2 y 0.920 gr. con pH de 4 para CAG (carbón activado granular) Norit y 0.976 gr con pH de 2 y 0.995 gr con pH de 4 para CAG Merck. Los resultados de este proyecto es que los carbones (Merck y Norit) son muy eficientes para la remoción de plomo, sugiriendo la aplicación de este método para la conservación y el saneamiento del medio ambiente.

OBREGÓN, et al. (2014); utilizaron la semilla de aguaje para la preparación de carbón activado usando como agente activante ácido fosfórico en dos concentraciones diferentes: 0,75 y 1,0 gr de H_3PO_4 /gr de solución. Para estudiar las propiedades fisicoquímicas se realizaron mediciones de adsorción de nitrógeno, titulación Boehm, espectroscopía de rayos X por energía dispersiva. En este proyecto se adsorberán tres metales pesados: plomo, cadmio y cromo. La mayor adsorción que se logró con el carbón activado de la semilla de aguaje fue de 0,75gr con una temperatura de 600°C y un pH mayor a 4. Para el plomo se obtuvo 74,8 mg/g, para cadmio 26,5 mg/g y para cromo 18,8 mg/g. Uno de los factores más importantes que influyen en el proceso de adsorción fue el pH de la solución, su estructura porosa y la acidez del carbón activado.

REYES, CERINO y SUÁREZ (2006); utilizaron carbón activado como soporte de biomasa para la remoción de metales pesados. Los altos niveles de contaminación del agua por los metales pesados han producido un aumento en la investigación y desarrollo de métodos eficaces para eliminar estos

contaminantes. Los estudios realizados en los últimos años muestran un aumento en la capacidad de adsorción del carbón activado cuando se lleva a cabo una modificación biológica del mismo con biomasa. Estos datos muestran la posibilidad de utilizar sistemas de biosorción a nivel industrial en efluentes líquidos, constituidos por soluciones metálicas diluidas en presencia de compuestos orgánicos ya que estos podrían ser captados por el carbón activado. Este tratamiento es muy factible por ser de bajo costo debido a la utilización de biomasa surgida como desecho de algún proceso, que lo vuelve interesante para las industrias. Desde el punto de vista ambiental, el biosorbente puede regenerarse y la solución que contiene el metal disuelto puede reutilizarse en el proceso.

CARRILLO Y SANCHEZ (2013); elaboraron un filtro a base de carbón activado del endocarpio de coco; para comprobar si este puede reducir la concentración de compuestos minerales existentes en el agua potable; obteniendo como resultado constante una retención mayor a un 80%, si el filtro contenía 25 gr, 50 gr o 100 gr de carbón activado.

SOTELO Y PALOMINO (1995); evaluaron el deterioro del ecosistema del río Moche mediante la actividad minera, en donde definieron que el metal con mayor concentración fue el hierro (Fe), que alcanzó 720 ppm, perjudicando la producción de los suelos agrícolas. CISNEROS (1996), también estableció los niveles de metales pesados en los ríos Pagash y Moche, reportando 113.3 ppm de hierro, el cual supera los límites máximos permisibles siendo un nivel elevado para agua de riego.

CORCUERA Y SANCHEZ (2012); estudiaron la calidad del agua del río Moche, lograron un correcto monitoreo de la calidad del agua del río Moche, estableciendo dos puntos de monitoreo: el primer punto a 1 km aguas arriba del puente Moche y el segundo punto 1 km aguas abajo. Luego se compararon los resultados obtenidos en el monitoreo con los datos de conservación de ambientes acuáticos establecidos en la categoría 4 del ECA, descubriendo que los valores de los metales como el Cadmio, Cromo y Arsénico no cumplen con los valores encontrados en dicho estándar.

Tabla 2: Categoría 4, Conservación del Ambiente Acuático

Parámetros	Unidades	ECA – Cat. IV Lagunas y Lagos	Río Moche
Cromo VI	mg/L	0,05	0,21
Arsénico	mg/L	0,01	0,841
Cadmio	mg/L	0,004	0,095

Fuente: Corcuera y Sánchez, 2012

ANA (2014); evaluó la calidad el río Moche en donde obtuvieron como resultados que algunos parámetros superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA). Entre estos parámetros se encuentran algunos metales como Aluminio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Manganeseo y Plomo. En el que supera excesivamente el Hierro.

Tabla 3: Resumen de los parámetros que superaron los ECA-Agua en la cuenca río Moche – Febrero 2014.

Parámetro	Unidad	ECA – Cat.3 Riego de Vegetales y Bebida de Animales	Río Moche (Puente Panamericana)
Aluminio (Al)	mg/L	5	7.35
Arsénico (As)	mg/L	0.050	0.105
Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	0.0071
Hierro (Fe)	mg/L	1	14.748
Manganeseo (Mn)	mg/L	0.2	1.4008
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.2446

Fuente: ANA, 2014

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Conceptual:

1.3.1.1. Carbón activado

El carbón activado es denominado un adsorbente muy versátil y frecuentemente usado por su elevada área superficial, volumen de poro, por su alta capacidad de adsorción y cinética rápida. El carbón activado también es fácil de regenerar, se trata de un grupo de materiales preparados mediante reacción de un material carbonizado con gases oxidantes. (PEÑA, GIRALDO y MORENO, 2012).

El carbón activado se puede obtener a partir de diferentes fuentes carbonosas como: la madera, la antracita, las semillas, el carbón vegetal, la cascara vegetal, la cascara de coco, cáscaras de frutos duros. (FIGUEROA Y FLÓREZ, 2010).

1.3.1.2. Carbón activado Granular

Este tipo de carbón se utiliza en aplicaciones de fase líquida como en fase gas. Es una partícula de forma irregular cuyos tamaños fluctúan entre los 0,2 y 5 mm.

1.3.1.3. Carbón activado en Polvo

Este tipo de carbón activado se utiliza principalmente en aplicaciones en fase líquida y para el tratamiento de gases de combustión, con un tamaño de partícula inferior a 0,18 mm.

1.3.1.4. Adsorción

La adsorción es un proceso en el cual un sólido se utiliza para eliminar componentes de una mezcla líquida o gaseosa. Los átomos en la superficie de un sólido, se atraen y retienen moléculas de otros compuestos. A estas fuerzas de atracción se les conoce como “fuerzas de Van Der Waals”. Por lo tanto al ser un fenómeno que ocurre en la superficie y su mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente puede ser. (SEVILLA U., 2002).

Al sólido se le denomina *adsorbente*, y al componente que es adsorbido se le denomina *adsorbato*. El adsorbente se debe sujetar a sólo un adsorbato,

y no a los demás componentes de la mezcla o sustancia. (CORTEZ Y LIMPIO, 2013)

1.3.1.5. Cacao en el Perú

En el Perú está clasificado según el Convenio Internacional de Cacao 2010 de la ICCO (Organización Internacional del Cacao), como el segundo país productor y explotador de cacao fino después de Ecuador. El cacao (*Theobroma cacao*) es una especia originaria de los bosques tropicales de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo: tributarios del río Amazonas. (ROMERO, Armando. 2015)

1.3.1.6. Hierro

El hierro fue descubierto en la prehistoria y era utilizado como adorno y para fabricar armas. No se sabe a ciencia cierta quien descubrió el Hierro, lo cierto es que la verdadera edad de Hierro comienza con nuestros antepasados que aprendieron a extraer hierro de los minerales que lo contienen. Y una vez obtenido, lo calentaban utilizando hornas de leña y le daban forma martillando el material al rojo vivo. El hierro es un elemento metálico, magnético maleable y de color blanco plateado. Tiene de número atómico 26 y se encuentra en el grupo 8 de la tabla periódica. (RAMÍREZ, José, s.a.)

El hierro también se encuentra en los meteoritos, aleado al níquel. Está distribuido por todo el mundo en forma de compuestos químicos ocupando el cuarto lugar de abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Es un metal maleable, de color gris plateado, tenaz, magnético y el más abundante de todos los minerales. (RAMÍREZ, José, s.a.)

1.3.1.7. Espectrofotometría

La **espectrometría ultravioleta-visible** o espectrofotometría UV-Vis implica la espectroscopia de fotones en la región de radiación ultravioleta-visible.

Esta técnica es complementaria de la espectrometría de fluorescencia, que trata con transiciones desde el estado excitado al estado basal, mientras

que la espectrometría de absorción mide transiciones desde el estado basal al estado excitado.

La espectrometría UV/Vis se utiliza habitualmente en la determinación cuantitativa de soluciones de iones metálicos de transición y compuestos orgánicos muy conjugados.

1.3.2. Marco Teórico:

1.3.2.1. Estructura y propiedades del carbón activado

Se define el carbón activado como un material carbonoso poroso elaborado a partir de un precursor a base de carbón con gases, y en ocasiones se agregan productos químicos durante y después de la carbonización, como el ácido fosfórico, hidróxido de potasio, cloruro de cinc, etc. Para poder aumentar la porosidad. (GONZÁLES, et al. 2007).

La estructura del carbón activado está formado por un conjunto de capas irregulares de carbono, con espacios que constituyen la porosidad. Este ordenamiento al azar de las capas y el entrecruzamiento entre ellas impiden el ordenamiento de la estructura para dar grafito, aun cuando se someta a tratamientos térmicos de hasta 950°C. Esta característica del carbón activado, es la que precisamente favorece a su propiedad más importante, la estructura porosa interna altamente desarrollada y accesible para los procesos de adsorción (REINOSO, 2005).

Existen dos características fundamentales en las que se basa las aplicaciones de carbón activado: **la elevada capacidad de eliminación de sustancias** que se debe a la alta superficie interna que tiene, en donde la porosidad, tamaño de poros y la distribución tienen un papel importante, y **la baja selectividad de retención**. (SEVILLA U, 2002)

Los macroporos y mesoporos son necesarios para retener las moléculas de mayor tamaño, como pueden ser colorantes o coloides, y así ayudar el acceso y la difusión rápida de las moléculas a la superficie interna del sólido. En cambio los microporos le conceden la elevada superficie y capacidad de retención. (SEVILLA U, 2002)

1.3.2.2. Elaboración del carbón activado

La madera, semillas de frijoles, el bagazo de caña, desechos de maíz, cáscaras de arroz o de coco, cáscara de frutos; son materias primas que presentan excelentes propiedades para el proceso de activación. La materia prima que se utilizará para obtener carbón activado debe tener propiedades específicas como dureza, elevado contenido de carbono, estructura inherente de poros, alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización. (FOMBUENA y VALENTIN, 2011).

Posteriormente para carbonizar la materia prima se debe aplicar un tratamiento térmico con atmósfera inerte a temperaturas menores de 900°C y tratar el material carbonoso con un agente activante ya sea físico o químico. (PRIMERA, et al, 2011)

1.3.2.3. Procesos de activación del carbón

a) Activación física o térmica

La activación física es la oxidación del carbón mediante gases como el CO₂ o vapor de agua; para que se formen los poros, y a la vez evitando que se gasifique y se pierda más carbón del necesario. Para este proceso se necesita una temperatura de entre 600 a 1100 °C y con una atmósfera controlada. (FONSECA et al., 2015).

Para este proceso se siguen dos pasos: la pirolisis y la posterior reacción del pirolizado. En el pirolizado se extraen los átomos de carbono de la estructura con una atmósfera de gases oxidantes (CO₂, vapor de agua o la mezcla de ambos) a una temperatura entre 800°C y 1000°C, y favorecer la formación de poros en el material carbonoso. (BARRAGÁN et al., 2011).

Las características del carbón resultante están influenciadas por el grado de activación, por el tiempo, por la naturaleza del agente activante y la temperatura de activación. (MARTINEZ, 2012).

b) Activación Química

En los procesos químicos se utilizan reactivos como agentes deshidratantes que rompen las uniones que ligan entre sí a las cadenas de celulosa. Para estos procesos se utilizan las siguientes sustancias:

- Cloruro de zinc (ZnCl₂),

- ácido fosfórico (H_3PO_4),
- ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Luego de aplicar los reactivos, el material se carboniza a una temperatura baja ($550\text{ }^\circ\text{C}$) y se lava para eliminar los restos de reactivo y de otros subproductos. (FOMBUENA y VALENTIN, 2011).

En la actualidad la activación química es uno de los procesos más aplicados por su baja temperatura de activación y alto rendimiento comparado con la activación física. Una de las ventajas de este proceso es que se logra un ahorro de energía. Este método se aplica sobre materiales orgánicos relativamente blandos y que están formados por moléculas de celulosa. (PADRÓN, et al., 2013).

1.3.2.4. Propiedades de la cáscara de cacao

Según un estudio de las propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de cacao se obtuvo lo siguiente: (SERRUYA, SOLEDAD Y GUTIÉRREZ, 2009)

Tabla 4: Valores de las propiedades de la cascarilla de cacao

Propiedad	Valor
%Humedad	11,40
%Cenizas	6,58
%Proteínas	8,59
%Fibra	12,14
%Grasa Cruda	9,93
%Carbohidratos	51,36
%Carbono Orgánico	10

Fuente: Serruya, Soledad y Gutiérrez, 2009

1.3.2.5. Propiedades químicas del hierro:

Tabla 5: Propiedades del hierro

Nombre	Hierro
Número atómico	26
Estado de oxidación	+3, +2
Electronegatividad	1.8
Masa atómica	55,847 g/mol

Densidad	7,86 g/ml
----------	-----------

Fuente: (Ramírez, Jose, s.a.)

1.3.2.6. Efectos del hierro sobre la salud:

El cuerpo humano absorbe más rápido el hierro de los animales que el hierro de las plantas. El hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que es el encargado de transportar el oxígeno a través de nuestros cuerpos. El hierro se puede encontrar en la carne, vegetales y productos lácteos (RAMÍREZ, José, s.a.)

Pero el hierro (III) provoca conjuntivitis y renitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación de concentraciones de óxido de hierro (III) puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. (RAMÍREZ, José, s.a.)

1.3.2.7. Efectos ambientales del hierro:

La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. El hierro (III), es un metal peligroso; se recomienda que no se permita que este metal entre al medio ambiente porque persiste en éste afectando al agua, aire y plantas. (RAMÍREZ, José, s.a.)

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche?

1.5. Justificación del estudio

Es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de los metales (cobre, zinc, hierro, etc) para varias funciones biológicas. Sin embargo una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo. (MUÑOZ, et al, 2016)

El deterioro perseverante de los recursos hídricos y su uso como recurso en el abastecimiento de agua para bebida de animales y riego de vegetales han implicado a la búsqueda de la optimización de los procesos de tratamiento de manera que se logren condiciones de agua segura que no implique ningún riesgo a la salud de la población.

Para ello se tomaron estrategias para la reducción de la contaminación en las fuentes de agua, a través de procesos o tratamientos dentro de las medidas de seguridad que se requiere.

A medida que sigue aumentando la contaminación en los cursos de agua, como en este caso de la presencia del hierro en el río Moche, este trabajo de investigación busca probar a escala laboratorio el efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche, sector Puente Panamericana 2017, debido a que en la actualidad las actividades mineras siguen contaminando estas aguas.

1.6. Hipótesis

El carbón de activado de la *theobroma cacao* adsorbe el hierro presente en el agua del río Moche

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar el efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Preparar carbón activado a partir de cáscara de *theobroma cacao*.
- Determinar el % de la adsorción del hierro mediante granulometría del carbón activado de *theobroma cacao*.
- Determinar el % de la adsorción del hierro variando el tiempo y la granulometría del carbón activado de *theobroma cacao*.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Se realizara un diseño experimental factorial con dos variables independientes las cuales son: la granulometría y el tiempo. La variable dependiente, es la adsorción del hierro.

Diseño Experimental: Diseño Factorial

Variable Independiente: (T y G)

T1	T2	T3	T4
G1	G2	G3	G4

Variable Dependiente (A)

A1	A2	A3	A4
----	----	----	----

Donde:

G: Granulometría

G1: Granulometría a 20 mesh

G2: Granulometría a 50 mesh

G3: Granulometría a 70 mesh

G4: Granulometría a 100 mesh

T: Tiempo

T1: Tiempo a 30min

T2: Tiempo a 60min

T3: Tiempo a 90min

T4: Tiempo a 120min

A: Cantidad de hierro adsorbido

A1: Cantidad de hierro adsorbido en T1 y G_{1, 2, 3, 4}

A2: Cantidad de hierro adsorbido en T2 y G_{1, 2, 3, 4}

A3: Cantidad de hierro adsorbido en T3 y G_{1, 2, 3, 4}

A4: Cantidad de hierro adsorbido en T4 y G_{1, 2, 3, 4}

Tabla 6: Diseño de Investigación

		Granulometría			
		G1	G2	G3	G4
Tiempo	T1	G1T1	G2T1	G3T1	G4T1
	T2	G1T2	G2T2	G3T2	G4T2
	T3	G1T3	G2T3	G3T3	G4T3
	T4	G1T4	G2T4	G3T4	G4T4

Fuente: *Elaboración propia*

Donde:

4 x 4 = 16 experimentos para ser evaluados.

Estos experimentos, tendrán 3 repeticiones, entonces el tamaño de muestra (N) que se analizará de la siguiente manera:

$$N = 4 \times 4 = 16 \times 3 = 48 \text{ experimentos}$$

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables Independientes:

- Granulometría (mesh)
- Tiempo (minutos)

2.2.2. Variable Dependiente:

- Adsorción de hierro expresada en % adsorbido

2.2.3. Operacionalización de variables:

Tabla 7: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones / SubVariables	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
<i>Independiente:</i> Tamaño de carbón activado	El carbón activado es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, átomos, iones o moléculas, disueltos en gases, líquidos.	Granulometría	Se hará fluir el agua del río moche a través de una columna de carbón activado de granulometrías diferentes.	20, 50, 70 y 100 mesh	De Intervalo
Tiempo de residencia	El tiempo de residencia es el tiempo de permanencia de un determinado material en su ciclo de ingreso, permanencia y salida de un medio o reactor.	Minutos	Se tomara el tiempo de residencia	minutos	De Intervalo
<i>Dependiente:</i> Adsorción	La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie, de carbón activado.	Cantidad de hierro atrapado	Se realizara un análisis espectrofotométrico visible.	Partes por millón (ppm)	Razón

Fuente: *Elaboración propia*

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El agua a muestrear se tomara del rio Moche sector puente Panamericana a la altura del kilómetro 563; ubicado en el departamento de La Libertad – distrito Moche – Perú.

2.3.2. Muestra

La muestra será 5 litros de agua tomada del rio Moche sector puente.

2.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis será de 100 ml de acuerdo al protocolo de monitoreo para la calidad de recursos hídricos para hierro.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica e instrumento de recolección de datos, así como validez y confiabilidad, ver en anexos.

Se realizará la toma de muestra de acuerdo a las instrucciones escritas en el protocolo de monitoreo de calidad de agua de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

2.4.1. Técnicas e instrumentos de laboratorio a utilizar

Tabla 8: Técnica e instrumentos de laboratorio a utilizar

TÉCNICA	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
Espectrofotometría UV-V	Espectrofotómetro UV-V
Granulometría	Mallas de tamizado Calibración: ISO 3310
Tiempo	Cronómetro
Adsorción	Carbón activado
Pesaje	Balanza Electrónica

Fuente: *Elaboración propia*

2.4.2. Validación de métodos y equipos

Tabla 9: Validación de método

Método	Validación
Método espectrofotométrico visible. APHA AWWA WPCF 3500-Fe D	García Menéndez, Diana Virginia y Melgar Santiago, Guillermo Ernesto (2011) <i>Validación del método espectrofotométrico (3500-Fe D) de la fenantrolina para determinación de hierro total en agua potable</i> . Licenciatura tesis, Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Calibración de equipos

Tabla 10: Calibración de equipos

Equipo	Calibración
Espectrofotómetro	Procedimiento QU-001 para la calibración de equipos de espectrofotometría de adsorción atómica (E.A.A.). Madrid: CEM, 2000. 54p. Serie: Procedimiento para la calibración A/389/C43QU-001
Balanza Electrónica	Norma Metrológica Peruana 003:2009 PC-001 Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IV – PC. 3a.ed. Lima: Indecopi, Ene. 2009. 27p. A/389/I49PC-001
Estufa	PC-18 procedimiento para la calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático de SNM-INDECOPI
Mallas	Certificación conforme a ISO 3310, ASTM E 11, AFNOR, BS 410 – Certificación y calibración de tamices de ensayo.
Cronómetro	Calibración de cronómetros – Según Postigio, Henry – Indecopi.

Fuente: Elaboración propia

2.5. Métodos de análisis de datos

METODO ANOVA: Es una de las técnicas más usadas en análisis de datos de diseños experimentales, una herramienta estadística, de gran utilidad en la industria, en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos. Básicamente es un proceso que divide la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes.

2.6. Aspectos éticos

Para el presente proyecto se tendrá en cuenta la fidelidad de los resultados, sin ninguna alteración de estos.

También se tendrá en cuenta la normativa y políticas de la Universidad César Vallejo; y el respeto por el medio ambiente al realizar la toma de muestras y el procedimiento de estas.

III. RESULTADOS.

3.1 Preparación de carbón activado de la *theobroma cacao*

Se determinó cuánto será la cantidad de carbón usado, obteniendo que para todos los análisis respectivos será de 60 gramos aproximadamente.

- Se recolectó cacao, que posteriormente solo se obtuvo la cáscara (*Theobroma cacao*).
- Luego se colocaron 300 gramos de la *theobroma cacao* y se puso en la mufla para carbonizar desde unos 100°C a unos 300°C. Luego se realizó la activación química del carbón con ácido fosfórico, donde se lleva a cabo la descomposición térmica de la materia prima.

3.2 Resultados de absorbancia de las muestras de agua

Para determinar la absorbancia de cada muestra de agua se utilizó el espectrofotómetro.

- Punto blanco: 0.210 abs.
- Después de tratar cada muestra con el carbón activado se estuvo los siguientes resultado de absorbancia:

		20 mesh	50 mesh	70 mesh	100 mesh
Tiempo	30 minutos	0.169	0.162	0.155	0.145
	60 minutos	0.141	0.118	0.091	0.071
	90 minutos	0.062	0.054	0.050	0.043
	120 minutos	0.038	0.037	0.018	0.015

Tabla 11: Resultados de absorbancia de agua del río Moche

Fuente: Elaboración propia

3.3 Resultados de las concentraciones de hierro en las muestras de agua

Para la determinación de concentraciones de hierro se utilizó la ecuación de la recta de la curva de calibración para hierro:

$$A = 0.0068 + 0.0763 * Cx$$

A= Absorbancia

Cx = Concentración de hierro

- **Punto blanco:** 2.663 ppm de hierro
- **Tabla N°12:** Concentraciones de hierro (ppm) en las muestras de agua del río Moche.

		Granulometría			
		20 mesh	50 mesh	70 mesh	100 mesh
Tiempo	30 minutos	2.137	2.04	1.937	1.82
	60 minutos	1.756	1.46	1.107	0.843
	90 minutos	0.727	0.616	0.57	0.48
	120 minutos	0.41	0.39	0.14	0.11

Fuente: Elaboración propia

Por lo que observamos en la tabla 12 a medida que aumenta el tiempo y el número de mesh del tamaño de carbón, disminuye la concentración de hierro en la muestra de agua del río Moche.

3.4 Datos obtenidos de los análisis de resultados mediante el método estadístico ANOVA.

Antes de analizar los resultados de la investigación mediante el método estadístico ANOVA, se consideró cumplir algunas condiciones, como:

A. Prueba de Normalidad

Tabla 13:

	<i>Shapiro – Wilk</i>		
	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Sig.</i>
Adsorción Porcentual de Hierro	,891	48	,60

Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

En la prueba de normalidad se aprecia que el valor $p > 0.05$ lo cual quiere decir que el conjunto de datos siguen una distribución normal.

B. Prueba de Igualdad de Levene de Varianzas de Error

Tabla N° 14: Variable dependiente: Adsorción porcentual de hierro

F	df1	df2	Sig.
3,051	15	32	,54

Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

Según la prueba de homogeneidad de varianzas; el estadístico de Levene arroja una significación mayor a 0.05 con lo cual indica que las varianzas de la variable independiente en los grupos que se comparan son aproximadamente iguales.

Resultados del ANOVA Factorial: Pruebas de efectos inter-sujetos

En los resultados ANOVA, existe diferencia significativa en la reducción porcentual de hierro; con un valor $P < 0.05$; lo que nos confirma la interacción de ambos factores sobre la variable dependiente.

Tabla 15: Análisis de Varianza

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GI	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	32297,170 ^a	15	2153,145	272,324	,000
Interceptación	179648,463	1	179648,463	22721,463	,000
Tiempo	29583,672	3	9861,224	1247,222	,000
Tamaño de granulo	1970,124	3	656,708	83,059	,000
Tiempo * tamaño de granulo	743,374	9	82,597	10,447	,000
Error	253,010	32	7,907		
Total	212198,643	48			
Total corregido	32550,180	47			

Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

Sub conjuntos homogéneos adsorción porcentual de hierro

Se realizaron comparaciones múltiples con HSD Tukey para el caso del efecto de tamaño de granulo evaluado a cuatro niveles (tabla N° 16) y para el caso de los cuatro tiempos (tabla N° 17) evaluados sobre la adsorción del hierro.

Tabla N° 16: Adsorción porcentual de hierro mediante el tamaño de granulo:

Tamaño de granulo	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
G (20 mesh)	12	58,8215			
G (50 mesh)	12		57,6608		
G (70 mesh)	12			64,7146	
G (100 mesh)	12				69,5128
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

Tabla 17: Adsorción porcentual de hierro mediante el tiempo.

Tiempo	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
30 minutos	12	25,5906			
60 minutos	12		51,4681		
90 minutos	12			77,5509	
120 minutos	12				90,101
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

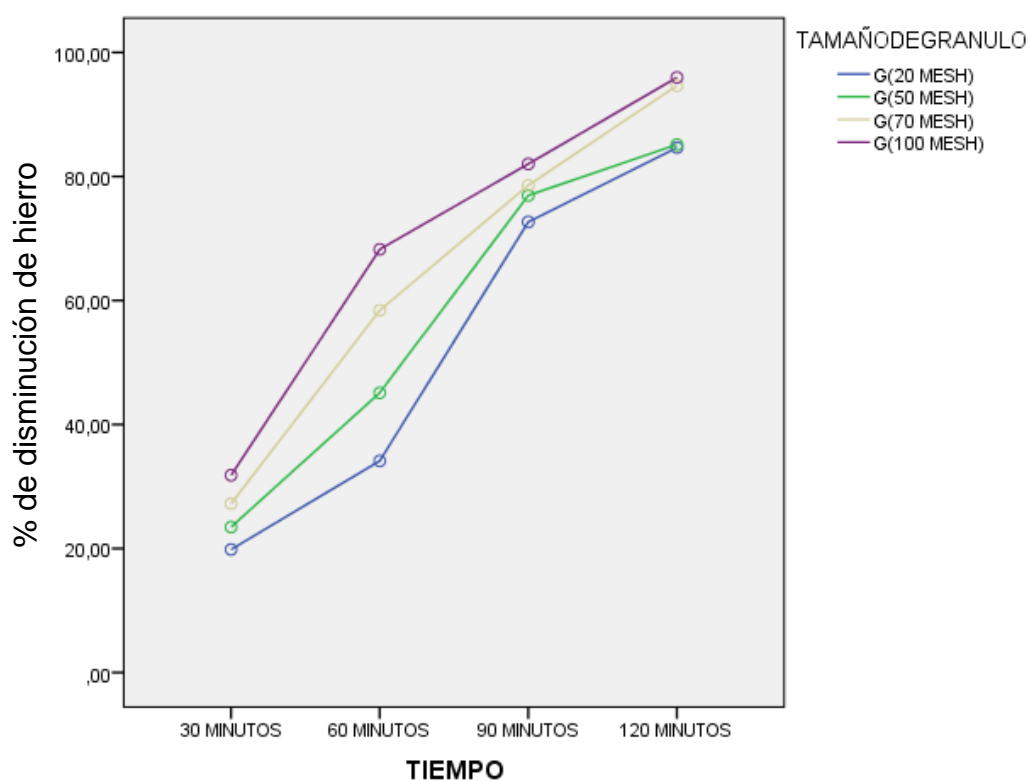
Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

3.5 Porcentaje de disminución de hierro

En el siguiente gráfico el tiempo representa el eje horizontal y el tamaño de granulo está representado por cada línea de color. Y el eje vertical representa el porcentaje de remoción de hierro.

Gráfico N° 1

Porcentaje de disminución de hierro



Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIONES

- En la tabla 12 se reportan los resultados de concentración de hierro obtenidos en diferentes tiempos de residencia (30, 60, 90 y 120min) y diferentes tamaños de granulometría del carbón activado (20, 50, 70 y 100 mesh) en el que se interpreta que el mejor tratamiento fue el de tiempo de 120 minutos con una granulometría de 100mesh, ya que se consigue la menor concentración de hierro que es 0.11 ppm. Esto coincide con el trabajo de investigación de Figueroa y Flórez (2010) que tuvieron una mayor adsorción de oro con un tiempo de 120 minutos, obteniendo 0,6 ppm de oro disuelto.
- Observamos también en la tabla N° 12 que a un tiempo fijo de 30 minutos a medida que aumenta el tamaño de mesh del granulo hay una disminución de concentración de hierro. Si observa a los 60, 90 y 120 minutos prosigue la misma tendencia, por lo tanto existe mayor porcentaje de adsorción de hierro del agua del río Moche. Por otro lado si se usa el mismo tamaño de carbón y se aumenta solo el tiempo de residencia también hay disminución de hierro y aumenta el porcentaje de adsorción.
- Para poder analizar los resultados de la investigación mediante el método estadístico ANOVA se hizo una prueba de normalidad que se evalúa el valor del estadístico Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) apreciándose que el valor $p > 0.05$ para los datos de porcentaje de adsorción de hierro; por lo cual asume que los datos tienen una distribución normal. También se hizo una prueba de homogeneidad de varianzas; el estadístico de Levene arroja una significación mayor a 0.05, esto indica que las varianzas de la variable independiente en los grupos que se comparan son aproximadamente iguales; ya que no difieren significativamente.
- Entonces aplicando el método estadístico ANOVA Factorial en la tabla 15 se observa que en la evaluación de la interacción de las variables tiempo y tamaño de granulo existe una diferencia significativa en la reducción porcentual de hierro del agua del río Moche, con un valor $P < 0,05$; lo que nos confirma la interacción de ambos factores sobre la variable dependiente (adsorción de hierro).

- Se aprecia en la tabla 16 para el caso del efecto de tamaño de granulo evaluado a cuatro niveles sobre la adsorción porcentual de hierro; se aprecia según la tabla de subconjuntos homogéneos de HSD TUKEY que se crean cuatro subconjuntos diferenciados cada uno para diferentes tamaños de granulo; esto indica la diferencia significativa existente en entre cada grupo de datos teniendo que la mayor adsorción de hierro se consiguió empleando G (100 mesh) con un porcentaje de adsorción de 69.5128.
- Se aprecia en la tabla 17 para el caso de los cuatro tiempos evaluados sobre la adsorción porcentual de hierro; se aprecia la tabla de subconjunto homogéneos de HSD Tukey que se crean cuatro subconjuntos diferenciados; lo que indica la diferencia significativa existente en cada grupo de datos; donde la mayor adsorción de hierro se consiguió a los 120 minutos con un porcentaje de adsorción de 90.1.
- De este modo en el gráfico 1 se observa la interacción entre ambos factores (tiempo de residencia y tamaño de granulo) sobre la variable dependiente (porcentaje de adsorción de hierro) en donde nos dice que el mejor tratamiento para una mayor adsorción de hierro del agua del río Moche es aplicando el carbón activado de la *theobroma cacao* en un tamaño de 100 mesh y en un tiempo de residencia de 120 minutos alcanzando un 90% de adsorción de hierro del agua del río Moche.

V. CONCLUSIONES

- En la determinación del efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción, se demostró el efecto óptimo para la remoción de hierro de la muestra obtenida del agua del río Moche, en donde se obtuvieron resultados de absorbancia significativos para cada tratamiento.
- Se preparó carbón activado de la *theobroma cacao* mediante un proceso químico, y se tamizó en cuatro tamaños diferentes de 20, 50, 70 y 100 mesh.
- Se concluye que la mayor adsorción porcentual de hierro del agua del río Moche mediante la granulometría del carbón activado de la *theobroma cacao* es un 69,51% de adsorción con un granulo de 100 mesh.

- En la determinación del porcentaje de adsorción del hierro variando el tiempo de agitación del carbón activado en la muestra obtenida del agua del río Moche, también se concluye que la mayor adsorción porcentual fue de 90.1% con un tiempo de 120 minutos.
- Por lo tanto, el mejor tratamiento para disminuir la cantidad de hierro del agua del río Moche, es de un tiempo de 120 minutos y una granulometría del carbón de la *theobroma cacao* de 100 mesh.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para las próximas investigaciones hacer los mismos tratamientos de carbón activado de la *theobroma cacao* para la adsorción de metales en el agua del río Moche, como por ejemplo el plomo, manganeso, aluminio, cadmio o arsénico, ya que en la tabla N° 3 nos indica que todas las concentraciones de estos metales sobrepasan los ECA.
- También se recomienda utilizar otro tipo de carbón activado, como por ejemplo la cáscara de naranja, con la finalidad de comparar el efecto de ambos y saber cual tiene mayor eficiencia para la adsorción de hierro.
- De igual modo, se recomienda no solo variar el tiempo de residencia y la granulometría para la adsorción de metales, sino también el potencial de hidrógeno (pH).
- Por otro lado no solo se deben tratar las aguas del río Moche, sino también las de otros ríos, aguas residuales de curtiembres, etc.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, Evaluación de la calidad del agua y de los sedimentos en la cuenca del río Moche – La Libertad, febrero 2014 [en línea]. Informe Técnico N° 010 – 2004 – ANA – DGCRH – VIG, Dirección General de Calidad de Recursos Hídricos. Disponible en:
<http://siar.regionlalibertad.gob.pe/documentos/evaluacion-calidad-agua-sedimentos-cuenca-rio-moche-libertad-febrero>
- CARRILO, Verena y SÁNCHEZ, Nancy. Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable, Tesis (Licenciatura en Química y

Farmacia). El Salvador: Universidad el Salvador, Facultad de Química y farmacia, 2013. 16 – 89pág.

- CASTRO, Laura, FLORES, Nancy Y MARTINEZ, Yoselin. Elaboración de carbón activado a partir de cáscara de naranja. XVII Concurso universitario feria de las ciencias. México. Escuela Nacional Preparatoria. 2009.
- CISNEROS, I. Contaminación por metales pesados prodecentes de los relaves mineros en la fauna del distrito de Samne, Otuzco. Tesis (para optar el Título de Biólogo Pesquero), Trujillo, Perú. Universidad Nacional de La Libertad. 1996. 103 pág.
- CORCUERA, Victor y SÁNCHEZ, Luis. Estudio de calidad del agua del río Moche. [en línea], Memorias: prácticas de Diplomado “Elaboración y Evaluación de Estudios de Impacto Ambiental”. Universidad Nacional de Trujillo. 2012, Perú. Disponible en:
<http://nomadapress.blogspot.pe/2012/12/estudio-de-la-calidad-del-agua-del-rio.html>
- CORTEZ, José Y LIMPIO, Deiby. Diseño de una planta la producción de filtros de carbono activado a partir de la cáscara de cacao. Tesis (Ingeniero Industrial). Caracas, Venezuela. Universidad Católica Andrés Bello. 2013.
- Perú: RPP Noticia. Detectan 35 puntos contaminados del río Moche [en línea]. fecha de consulta: 15 de Abril 2016. Disponible en:
<http://rpp.pe/peru/actualidad/la-libertad-detectan-35-puntos-contaminados-del-rio-moche-noticia-463258>
- FIGUEROA, Héctor y FLÓREZ, Sebastián. Aplicación de carbón activado a la recuperación de oro en la mina la providencia. Tesis (Ingeniero Metalúrgico). Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. 2010.
- FOMBUENA, M.; VALENTIN, A. Manual de carbón activado. Aguapedia: Universidad de Sevilla. [en línea]. España, 2010. fecha de consulta: 12 de abril 2016. Disponible en:
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

- FONSECA, Rafael; et al. Adsorción de Cr(III) desde solución acuosa sobre carbones activados obtenidos de residuos de Zea mays. AFINIDAD. [en línea]. nº 569. Enero - Marzo 2015. fecha de consulta: 12 de abril 2016. Disponible en:
<http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/291704/380202>
- GONZÁLEZ, Armando; et al. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. [en línea] Universidad Autónoma Metropolitana. citado el 16 de febrero del 2007. Disponible en:
http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf
- MARTÍNEZ FIERRO, Maria Cristina. Preparación y Caracterización de Carbón Activo a Partir de Lignina para su Aplicación en Procesos de Descontaminación de Aguas. Doctor en Ciencias Químicas. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid. 2012.
- MENDOZA, Evert. Remoción de Pb (II) de soluciones mediante carbón activado: Experimentos en lotes. Tesis (Magister en Ciencias Químicas). Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2012.
- MORENO, Félix, et al. Contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 – 2010. La Libertad – Perú. Scientia Agropecuaria, 2012, vol.3, no3, p. 235 – 257.
- MUÑOZ, Paula. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. [en línea] Biblioeca en el Sector Agrario Agropecuario y Agroindustrial vol. 14 No. 2, pág (145 -153), Colombia 2016. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- OBREGÓN, Daniel, et al. Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje [en línea]. Revista de la Sociedad Química del Perú, 2014, vol. 80 no.4. Citado el 09 de setiembre del 2014. Lima – Perú. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810634X2014000400002&script=sci_arttext
- PEÑA, Karen; GIRALDO, Liliana; MORENO, Juan. Preparación de carbón activado a partir de cáscara de naranja por activación química. Caracterización física y química [en línea]. Revista Colombiana de

Química, vol. 41, núm 2, julio-diciembre, 2012, pág. 311 – 323. Citado el 16 de julio del 2012. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2012. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/3090/309028756010.pdf>

- PRIMERA PEDROZO, Oliva; et al. Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo. Revista Académica Colombia. [en línea]. Vol. 35 (136): pág (387-396). Bogotá: Julio-Septiembre 2011. Consulta: 14 de abril 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n136/v35n136a12.pdf>. ISSN 0370-3908.
- RAMÍREZ, José. El Hierro [en línea]. Universidad de Pamplona, Colombia. [s.a.].Disponible en: <http://jacekleszczynski.com/images/5147/El%20Hierro.pdf>
- REINOSO, Francisco. Carbón activado: estructura, preparación y aplicaciones [en línea]. Revista Uniandes, Colombia, 2005.
- REYES, CERINO y SUÁREZ. Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa [en línea]. Artículo Ingenierías, vol. IX, No. 31. Universidad Autónoma de Nuevo León. Citado el 30 de mayo del 2006. México. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/10323/>
- ROMERO, Armando. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. [en línea] Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria, Primera Edición – 2015. Citado en julio del 2016. Lima, Perú – 2016. Disponible en:
- SERRUYA, A.; SOLEDAD, B. Y GUTIÉRREZ, J. Evaluación de propiedades fisicoquímicas por análisis proximal y valor calórico como base para usos alternativos de la cascarilla de cacao como sub producto del procesamiento del cacao en grano. Caracas, 2009.
- SEVILLA, U. Manual del carbón activado, 2002 [en línea] España. Consulta: 11 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

- SIMÓN, Ernesto. Los metales pesados en las aguas residuales [en línea], Grupo de Fisicoquímica de Procesos Industriales y Medioambientales, Universidad Complutense de Madrid. 2008. Disponible en:
<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>

ANEXOS

ANEXO 1: Obtención de la muestra

La muestra se tomó del agua del río Moche sector puente Panamericana a la altura del kilómetro 563, de la provincia La Libertad.

Se tomó como muestra 5 litros de agua.



Fotografía N° 01



Fotografía N° 02



Fotografía N° 03



Fotografía N° 04



Fotografía N° 05

ANEXO 2: Resultados de Absorbancia

1) Resultados de absorbancia del punto blanco

En la tabla N° 19 se presentan los resultados iniciales de absorbancia medidos por el espectrofotómetro, antes de ser analizados por el carbón activado, el cual tiene un promedio de 0.210 de absorbancia.

Tabla 19: Resultados de los análisis iniciales de absorbancia

PUNTO BLANCO	ABSORBANCIA
1	0.192
2	0.220
3	0.218

Fuente: *Elaboración propia*

2) Resultados de absorbancia en 30 minutos

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos después de agitar el carbón activado en un tiempo de 30 minutos, para cuatro diferentes granulometrías (20, 50, 70 y 100 mesh).

T

TIEMPO (30 minutos)					
GRANULOMETRÍA	N° de muestra	G1 (20 mesh)	G2 (50 mesh)	G3 (70 mesh)	G4 (100 mesh)
Absorbancia	1	0.170	0.158	0.155	0.145
	2	0.167	0.166	0.150	0.148
	3	0.172	0.163	0.159	0.143

:

Resultados de los análisis de absorbancia a los 30 minutos

Fuente: *Elaboración propia*

3) Resultados de absorbancia en 60 minutos

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos después de agitar el carbón activado en un tiempo de 60 minutos, para cuatro diferentes granulometrías (20, 50, 70 y 100 mesh).

Tabla 21: Resultados de los análisis de absorbancia a los 60 minutos

TIEMPO (60 minutos)					
GRANULOMETRÍA	N° de muestra	G1 (20 mesh)	G2 (50 mesh)	G3 (70 mesh)	G4 (100 mesh)
Absorbancia	1	0.143	0.121	0.101	0.074
	2	0.138	0.122	0.098	0.068
	3	0.141	0.112	0.075	0.072

Elaboración propia

4) Resultados de absorbancia en 90 minutos

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos después de agitar el carbón activado en un tiempo de 90 minutos, para cuatro diferentes granulometrías (20, 50, 70 y 100 mes).

T

TIEMPO (90 minutos)					
GRANULOMETRÍA	N° de muestra	G1 (20 mesh)	G2 (50 mesh)	G3 (70 mesh)	G4 (100 mesh)
Absorbancia	1	0.067	0.063	0.057	0.037
	2	0.059	0.051	0.052	0.048
	3	0.061	0.047	0.042	0.045

Z

: Resultados de los análisis de absorbancia a los 90 minutos

Fuente: *Elaboración propia*

5) Resultados de absorbancia en 120 minutos

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos después de agitar el carbón activado en un tiempo de 120 minutos, para cuatro diferentes granulometrías (20, 50, 70 y 100 mesh).

Tabla 23: Resultados de los análisis de absorbancia a los 120 minutos

TIEMPO (120 minutos)					
GRANULOMETRÍA	N° de muestra	G1 (20 mesh)	G2 (50 mesh)	G3 (70 mesh)	G4 (100 mesh)
	1	0.037	0.041	0.021	0.018
	2	0.042	0.036	0.018	0.015
	3	0.035	0.034	0.014	0.012

:

Elaboración propia

ANEXO 3: Tabla de conversión de malla

Tabla de conversión de malla hasta micrones

US MALLA	PULGADAS	MICRONES	MILÍMETROS
3	0.2650	6730	6.730
4	0.1870	4760	4.760
5	0.1570	4000	4.000
6	0.1320	3360	3.360
7	0.1110	2830	2.830
8	0.0937	2380	2.380
10	0.0787	2000	2.000
12	0.0661	1680	1.680
14	0.0555	1410	1.410
16	0.0469	1190	1.190
18	0.0394	1000	1.000
20	0.0331	841	0.841
25	0.0280	707	0.707
30	0.0232	595	0.595
35	0.0197	500	0.500
40	0.0165	400	0.400
45	0.0138	354	0.354
50	0.0117	297	0.297
60	0.0098	250	0.250
70	0.0083	210	0.210
80	0.0070	177	0.177
100	0.0059	149	0.149
120	0.0049	125	0.125
140	0.0041	105	0.105
170	0.0035	88	0.088
200	0.0029	74	0.074
230	0.0024	63	0.063
270	0.0021	53	0.053
325	0.0017	44	0.044
400	0.0015	37	0.037

ANEXO 4:

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE FIERRO EN AGUA.

METODO DEL 1,10- FENANTROLINA

PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN:

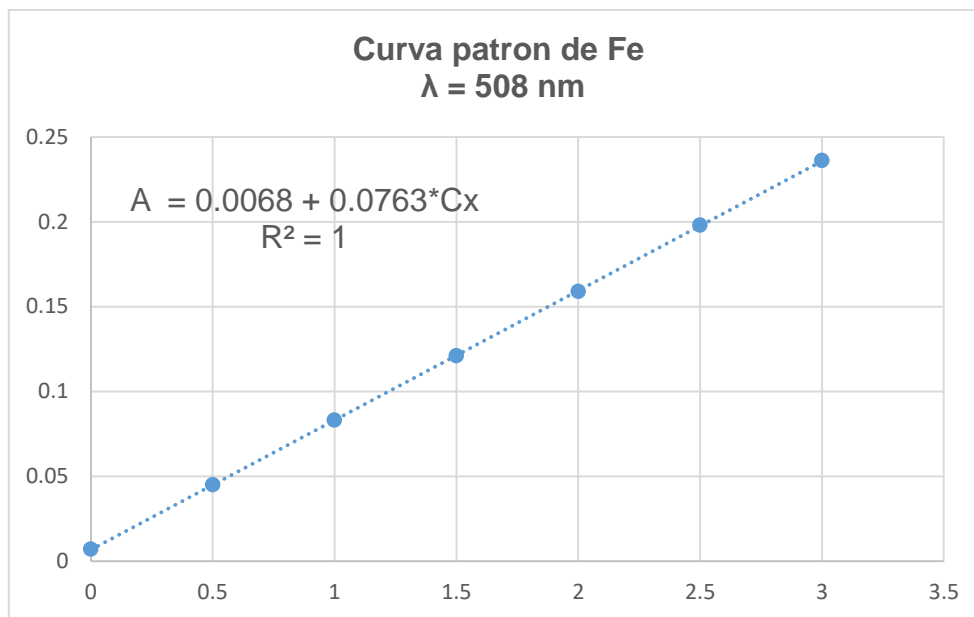
1. Tomar 5 fioles de 50 mL , numerarlas y colocar en c/u de ellas : 0 ; 2,0 ; 4,0 ; 6,0 , 8,0 y 10,0 mL de la solución de trabajo. Cada fiola contendrá al aforarla: 0,00 ; 0,40 ; 0,80 ; 1.2 , 1.6 y 2,0 ppm Fe .
2. Añadir agua destilada a c/u hasta aproximadamente 25 mL.
3. Colocar 2 mL de solución de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ - CH_3COOH glacial.
4. Adicionar 1 mL de Cloruro de Hidroxilamonio .
5. Adicionar 1 mL de ácido ascórbico (para eliminar el PO_4^{3-} que es interferente)
6. Verificar que el pH se encuentre entre 3 y 4. Se recomienda un valor fijo de 3,50.
7. Ajustar si es necesario con H_2SO_4 1M o NaOH 2M
8. Adicionar 2 mL del cloruro de 1,10 Fenantrolina.
9. Aforar a la marca con agua destilada.
10. Dejar reaccionar durante 15 min. a oscuras.
11. Usando la fiola N° 1 (blanco) calibrar el Espectrofotómetro (con λ_{opt}) , y proceder a determinar la absorbancia de cada fiola
12. Graficar Absorbancia vs ppm Fe. Que partiendo del origen debe ser una recta

$$A = 0.0068 + 0.0763 * \text{ppm Fe}$$

$$\text{ppm Fe} = \frac{A - 0.0068}{0.0763}$$

Curva patrón de Hierro

Grafico N° 02: Curva de calibración para hierro



Fuente: *Elaboración propia*

ANEXO 5: Fotografías e imágenes

Imágenes: Filtrado de la muestra de agua del río Moche



Fotografía N° 06:
Bomba al vacío



Fotografía N° 07



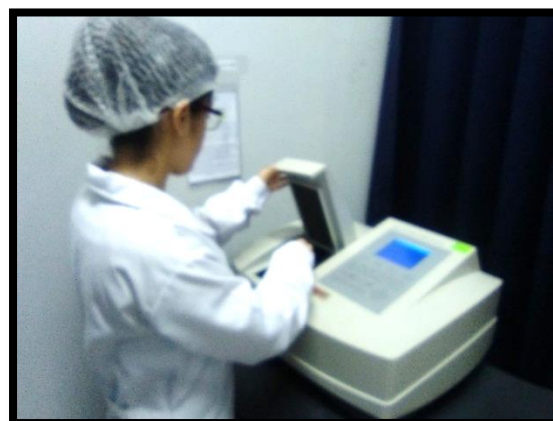
Fotografía N° 08:
Filtro del agua del Río Moche

Fotografía N° 09:
Instrumentos de laboratorio.

Imágenes: Análisis del punto blanco con el espectrofotómetro



Fotografía N° 10:
Espectrofotómetro



Fotografía N° 11

Imágenes: Preparación del carbón activado de la *theobroma cacao*.





Fotografía N° 12

Fotografía N° 13

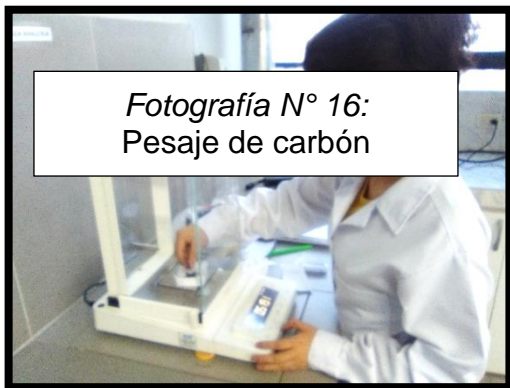


Fotografía N° 14



Fotografía N° 15

Imágenes: Pesaje del carbón activado, agitación en la muestra y análisis en el espectrofotómetro



Fotografía N° 16:
Pesaje de carbón



Fotografía N° 17



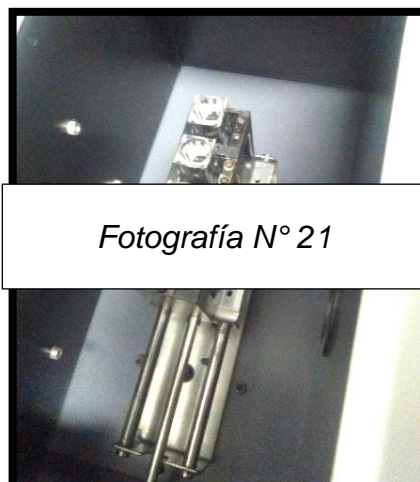
Fotografía N° 18



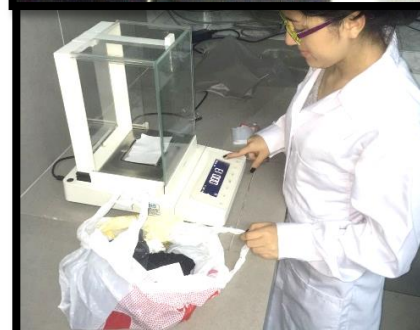
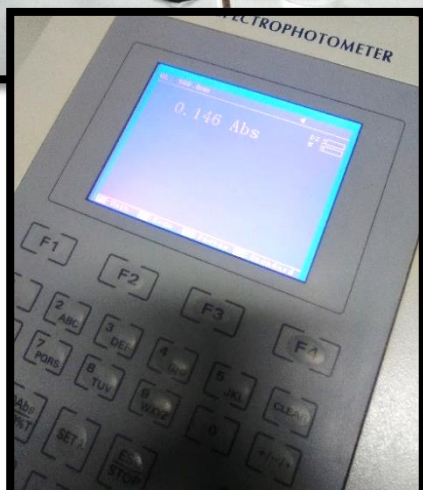
Fotografía N° 19:
Agitador magnético.



Fotografía N° 20:
Filtros de carbón activado



Fotografía N° 21



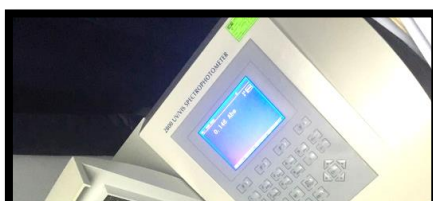
Fotografía N° 22

Fotografía N° 23



Fotografía N° 24

Fotografía N° 25



Fotografía N° 26



Fotografía N° 27

